

METHOD FOR FORMING PERIODICAL POLARIZATION INVERSION STRUCTURE

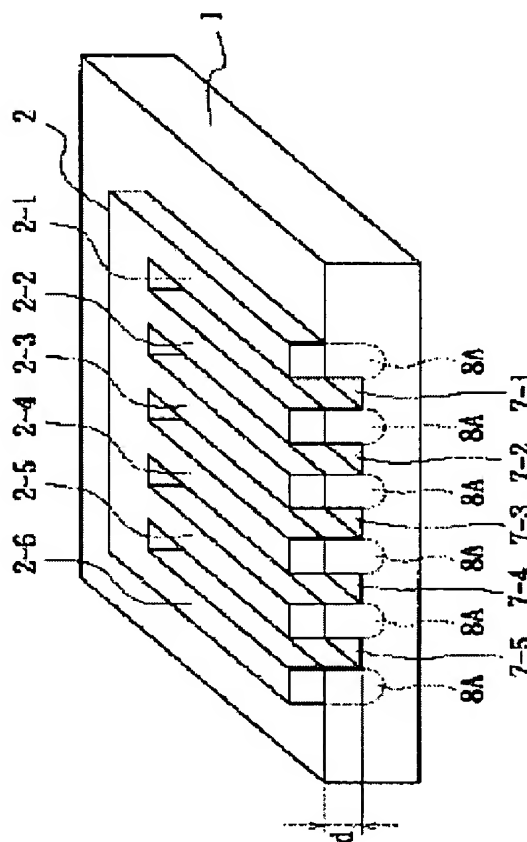
Patent number: JP2003057697
Publication date: 2003-02-26
Inventor: NEHAGI TAKATOMO; YAMAGUCHI SHOICHIRO
Applicant: NGK INSULATORS LTD
Classification:
- International: G02F1/37; G02F1/377; G02F1/35; (IPC1-7): G02F1/37; G02F1/377
- european:
Application number: JP20010247298 20010816
Priority number(s): JP20010247298 20010816

Report a data error here

Abstract of JP2003057697

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a new forming method capable of easily and stably obtaining a periodical polarization inversion structure that is made narrow and small without disturbing the shape of polarization inversion areas and further has uniform-shaped polarization inversion areas.

SOLUTION: A first electrode 2 having a plurality of electrode pieces 2-1 to 2-6 that are periodically arranged and a second electrode 3A so as to be located opposite to the first electrode 2 are arranged on the principal plane 1A of a ferroelectric single crystal substrate 1, and a first electrode 3B is arranged on a rear plane 1B so as to face the first electrode 2. Next, groove parts 7-1 to 7-5 are formed between the electrode pieces 2-1 to 2-6 of the ferroelectric single crystal substrate 1. Subsequently, the periodical polarization inversion structure 4 is formed by applying a prescribed voltage to between the first electrode 2 and the second electrodes 3A and 3B.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-57697
(P2003-57697A)

(43) 公開日 平成15年2月26日 (2003. 2. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 F	1/37	G 0 2 F	2 K 0 0 2
	1/377		
		1/377	

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-247298(P2001-247298)

(22) 出願日 平成13年8月16日(2001. 8. 16)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市長区瑞穂区須田町2番56号

(72) 発明者 根萩 隆智

愛知県名古屋市長区瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 山口 省一郎

愛知県名古屋市長区瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 100072051

弁理士 杉村 興作 (外1名)

Fターム(参考) 2K002 AB12 CA03 DA06 FA27 GA04

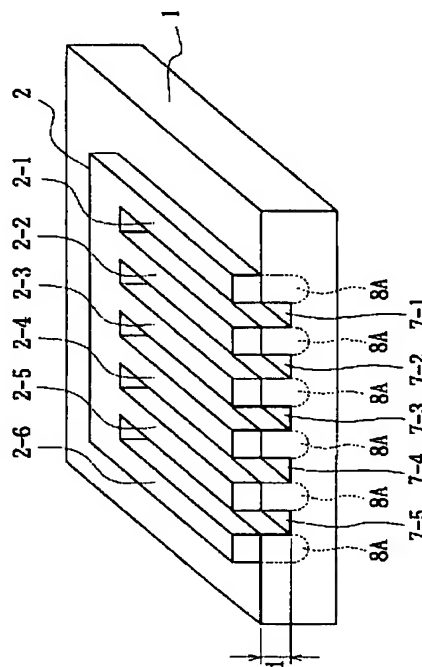
HA20

(54) 【発明の名称】 周期状分極反転構造の形成方法

(57) 【要約】

【課題】 分極反転領域の形状を乱すことなく、狭小化され、さらには均一形状の分極反転領域を有する周期状分極反転構造を簡易かつ安定的に得ることのできる、新規な形成方法を提供する。

【解決手段】 強誘電体単結晶基板1の主面1A上に、周期状に配列された複数の電極片2-1~2-6を有する第1の電極2と、この第1の電極2に対向して位置するように第2の電極3Aを配置し、裏面1B上に第1の電極2に対向するように第1の電極3Bを配置する。次いで、強誘電体単結晶基板1の、電極片2-1~2-6間において、溝部7-1~7-5を形成する。その後、第1の電極2と第2の電極3A及び3Bとの間に、所定の電圧を印加することによって、周期状分極反転構造4を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】強誘電体単結晶基板の一表面上において、周期状に配列された複数の電極片を有する第 1 の電極と、この第 1 の電極と離隔し、対向して位置するように、前記強誘電体単結晶基板の任意の表面上に第 2 の電極とを配置し、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に所定の電圧を印加することにより、前記強誘電体単結晶基板内に周期状の分極反転構造を形成する方法であって、前記強誘電体単結晶基板の、前記第 1 の電極の前記複数の電極片間に位置する部分の強誘電性を低減するようにしたことを特徴とする、周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 2】前記強誘電体単結晶基板の、前記第 1 の電極の前記複数の電極片間において、溝部を形成したことを特徴とする、請求項 1 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 3】前記溝部の深さが、 $1\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ であることを特徴とする、請求項 2 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 4】前記溝部の深さが、 $10\text{ nm} \sim 20\text{ nm}$ であることを特徴とする、請求項 3 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 5】前記第 1 の電極を覆うようにして、絶縁性保護膜を形成することを特徴とする、請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 6】前記絶縁性保護膜は、体積抵抗率が $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする、請求項 5 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 7】前記絶縁性保護膜は、前記第 1 の電極の前記複数の電極片間を埋めるようにして形成することを特徴とする、請求項 6 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 8】前記絶縁性保護膜は、前記溝部を埋設するようにして形成することを特徴とする、請求項 7 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 9】前記絶縁性保護膜の厚さが、 $10\text{ nm} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とする、請求項 5 ～ 8 のいずれかに記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 10】前記絶縁性保護膜の厚さが、 $100\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とする、請求項 9 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 11】前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とは、前記強誘電体単結晶基板の同一表面上に配置することを特徴とする、請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 12】前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とは、それぞれ前記強誘電体単結晶基板の相対向する異なる表面上に配置することを特徴とする、請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 13】前記第 2 の電極は、前記第 1 の電極と同一平面上、及びこの平面と相対向する異なる表面上に配置することを特徴とする、請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【請求項 14】前記周期状分極反転構造の、前記第 1 の電極が形成された前記強誘電体単結晶基板表面からの深さが、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする、請求項 11 に記載の周期状分極反転構造の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、周期状分極反転構造の形成方法に関し、詳しくは、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムなどの強誘電体単結晶基板を用いる SHG (Second Harmonic Generation) デバイス製造時に好適に用いることのできる、周期状分極反転構造の形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】印刷、光情報処理、及び光応用計測制御分野などにおいては、小型の短波長光源の実現が強く望まれており、この短波長光源を実現足らしめるものとして SHG デバイスが注目を浴びている。この SHG デバイスは、半導体レーザから出射された光を通過させることによって、非線型光学効果を利用して 2 次高調波を生成する。この 2 次高調波は前記半導体レーザから出射された光に対して周波数が 2 倍であり、したがって波長は $1/2$ となっている。すなわち、前記 SHG デバイスを利用することによって、前記半導体レーザからの出射光に対して $1/2$ の波長を有する短波長の光を得ることができる。

【0003】前記 SHG デバイスは、ニオブ酸リチウム（以下、「LN」と略す場合がある）やタンタル酸リチウム（以下、「LT」と略す場合がある）などの強誘電体単結晶基板を具え、この基板内において光の進行方向と略垂直に、分極状態が周期状に反転してなる分極構造を有している。このような周期状分極反転構造は、一般に以下のようにして形成する。

【0004】図 1 は、周期状分極反転構造の形成方法を説明するための図である。なお、特徴を明確にすべく、各部分の大きさや形状などについては、実際のものと異なるようにして描いている。

【0005】最初に、LN や LT などの、例えばオフカット基板からなる強誘電体単結晶基板 1 の主面 1A 上に、電極片 2-1 ～ 2-6 を有する楕形状の第 1 の電極 2 と、この第 1 の電極 2 と対向するようにして、主面 1A 及び裏面 1B に一様な平板状の第 2 の電極 3A 及び 3B とを配置する。そして、第 1 の電極 2 と第 2 の電極 3A 及び 3B との間に所定の電圧 V1 及び V2 を印加すると、強誘電体単結晶基板 1 の分極方向 B と逆の分極方向 A を有する分極反転域が、第 1 の電極 2 の各電極片から基板の結晶方位に向けて徐々に伸長し、分極方向が反転

した、分極方向Aを有する分極反転領域4Aと、元の分極方向Bを有する分極領域4Bとからなる周期状分極反転構造4が形成される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】図2は、図1に示す分極反転時に用いる櫛形状の第1の電極周辺部を切り取り、拡大して示す図である。図1及び図2に示すように、櫛形状の第1の電極2は、強誘電体単結晶基板1の主面1A上に載置するように形成する。このとき、電圧印加によって、第1の電極2から基板の結晶方位に伸長する分極反転領域4Aの断面形状は、電極の縁端効果のために、図2に示すように、横方向に広がった形状を示す。すなわち、分極反転領域4Aの幅は、櫛形状の第1の電極2の電極片の幅に比較して拡大してしまう。

【0007】この結果、分極方向が反転した分極方向Aを有する分極反転領域4Aと、元の分極方向Bを有する分極領域4Bが均一に配列された周期状分極反転構造を形成することは困難であった。また、分極反転領域4Aを狭小化し、これら狭小化された分極領域を有する周期状分極反転構造を形成することも困難となっていた。

【0008】分極反転領域4Aを狭小化するに際しては、櫛形状の第1の電極2における各電極片の電極幅を小さくすることによってある程度実現することはできる。しかしながら、この場合においては、前記各電極片から強誘電体単結晶基板1に対して安定的な電圧印加を行なうことができず、分極反転領域の形状が乱れてしまう場合などがあつた。

【0009】本発明は、分極反転領域の形状を乱すことなく、狭小化され、さらには均一形状の分極反転領域を有する周期状分極反転構造を簡易かつ安定的に得ることができる、新規な形成方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく、本発明は、強誘電体単結晶基板の一表面上において、周期状に配列された複数の電極片を有する第1の電極と、この第1の電極と離隔し、対向して位置するように、前記強誘電体単結晶基板の任意の表面上に第2の電極とを配置し、前記第1の電極と前記第2の電極との間に所定の電圧を印加することにより、前記強誘電体単結晶基板内に周期状の分極反転構造を形成する方法であつて、前記強誘電体単結晶基板の、前記第1の電極の前記複数の電極片間に位置する部分の強誘電性を低減するようにしたことを特徴とする、周期状分極反転構造の形成方法に関する。

【0011】本発明者らは、図1及び図2に示すような櫛形状の第1の電極2を用いて分極反転形成を行なった場合に、得られた分極反転領域4Aの断面が横方向に広がり、拡大した領域幅を有するに至る原因を探るべく鋭意検討を行なった。その結果、第1の電極2を構成する

電極片2-1~2-6には高電圧が負荷されるため、強誘電体単結晶基板1の、隣接する電極片間において部分的な短絡が生じ、第1の電極2から第2の電極3へ向けて印加されるべき電圧が、第1の電極2内で横方向に広がってしまうことが原因であることを突き止めた。

【0012】したがって、本発明者らは、上述した第1の電極2における隣接した電極片間における電界の広がりを防止すべくさらなる検討を実施した。その結果、強誘電体単結晶基板1の、第1の電極2における複数の電極片2-1~2-6間に位置する部分の強誘電性を低減させ、この部分の誘電率を減少させることにより、電極片間における電界の広がりを抑制できることを見出し、本発明を想到するに至ったものである。

【0013】したがって、本発明によれば、櫛形状の第1の電極2に対して所定の高電圧を印加した際においても、この電界の電極片間における広がりを抑制し、狭小化された分極反転領域4Aを均一に形成することができる。この結果、狭小化され、均一な分極反転領域を有する周期状分極反転構造を安定して形成することができる。

【0014】なお、本発明の好ましい態様においては、前記強誘電体単結晶基板の、前記第1の電極の前記複数の電極片間において、溝部を形成する。これによって、前記強誘電体単結晶基板の、前記複数の電極片間に位置する部分には、空気層が存在するようになるので、高電圧がかかる部分の強誘電性はより効果的に減少され、その誘電率をより低減することができる。

【0015】また、本発明の他の好ましい態様においては、前記第1の電極を覆うようにして、絶縁性保護膜を形成する。これによって、前記第1の電極の前記複数の電極片間に、微少なゴミなどの付着による汚染を防止することができ、前記電極片間における絶縁性を効果的に保持できるようになる。すなわち、ゴミなどの汚染によって、ゴミへの電荷集中による分極反転の起点の発生を防止することができ、形成すべき分極反転領域が横方向に拡大するのを効果的に抑制することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。

【0017】図3は、本発明の形成方法において、分極反転時に用いる櫛形状の第1の電極周辺部を切り取り、拡大して示す図である。図3においては、本発明の好ましい態様に従って、強誘電体単結晶基板1の、櫛形状の第1の電極2の電極片2-1~2-6の隣接するもの同士の間に、溝部7-1~7-5を形成している。なお、図3に示す第1の電極2は、図1及び図2に示すものと同じである。

【0018】この場合、強誘電体単結晶基板1において、電極片2-1~2-6の互いに隣接する部分の間の溝部7-1~7-5に相当する部分は、基板を構成する

10

20

30

40

50

強誘電体単結晶に代わって空気層が存在することになる。すなわち、強誘電体単結晶基板1の一部が空気層によって置換された構成を有する。

【0019】したがって、強誘電体単結晶基板1の、電極片2-1~2-6が互いに隣接する間の部分の強誘電性が低減され、この部分の誘電率が減少する。この結果、各電極片に負荷された高電圧に起因する、電極片間における電界の広がりを効果的に抑制することができる。そして、分極反転時において、この電界の広がりに起因して分極反転領域が横方向に拡大するのを抑制することができ、図3に示すような狭小化されるとともに、均一な形状に分極反転領域8Aを簡易かつ安定的に得ることができる。すなわち、狭小化されるとともに、均一な形状の分極反転領域を有する周期状分極反転構造を簡易かつ安定的に形成することができる。

【0020】本発明の目的を達成することができれば、溝部7-1~7-5の深さdについては特に限定されない。しかしながら、深さdは1nm~100nmであることが好ましく、さらには10nm~20nmであることが好ましい。これによって、電極片に負荷された電界の広がりを効果的に抑制できるとともに、深く形成し過ぎることによる強誘電体単結晶基板1の強度劣化を抑制することができる。

【0021】溝部7-1~7-5は、例えば形成すべき溝部が位置する部分に開口部を設けたマスクを用い、このマスクを介してRIEやウエットエッチングなどを行なうことにより形成する。RIEを用いる場合は、フッ素系のガスを用いることが好ましく、これによって高いエッチング速度を得ることができ、短時間で溝部を形成することができる。

【0022】また、図3に示す櫛形状の第1の電極2を覆うようにして図示しない絶縁性保護膜を形成することもできる。この場合においては、第1の電極2の電極片2-1~2-6のそれぞれの間に、ゴミの付着などの汚染が生じるのを防止することができる。前記電極片間にゴミなどが付着すると、前記電極片に高電圧が印加された際に、この印加電圧が前記ゴミを媒介として強誘電体単結晶基板1内に印加されるようになる。この結果、強誘電体単結晶基板1に対して安定的に高電圧を印加することができず、分極反転構造の形状が乱れる場合がある。

【0023】しかしながら、上述した絶縁性保護膜を形成し、上記ゴミの付着などを防止することにより、上述した不安定な電圧印加による分極反転構造の形状の乱れなどを効果的に抑制することができる。

【0024】前記絶縁性保護膜は、 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、さらには $1 \times 10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の体積抵抗率を有することが好ましい。これによって、第1の電極2自体の絶縁性、すなわち前記絶縁性保護膜が第1の電極2の各電極片間に付着した場合においても、これら電

極片間の絶縁性を十分に保持することができる。また、外部からの絶縁性をも確保することができる。

【0025】前記絶縁性保護膜が、上述したような高体積抵抗率を有する場合は、電極片2-1~2-6間を埋設するように形成することが好ましい。これによって、これら電極片間にゴミなどが侵入するのを効果的に防止することができ、前記絶縁性保護膜の高絶縁性と相伴って、電極片2-1~2-6同士の絶縁性を十分効果的に保持することができる。したがって、電極片から強誘電体単結晶基板に対して高電圧が漏洩することによって、形成された分極反転領域の形状が乱れたりすることがなくなる。

【0026】前記絶縁性保護膜を、電極片2-1~2-6間を埋設するように形成する場合には、溝部7-1~7-5を埋設するように形成することが好ましい。溝部7-1~7-5内には空気層が存在するが、これら溝部内に高誘電率のゴミなどが不着すると、このゴミを介して隣接する電極片間が短絡するが生じる。この結果、形成された分極反転領域の形状が乱れたりする場合がある。

【0027】また、強誘電体単結晶基板1に対して溝部を形成し、かかる部分の強誘電性を低減して、誘電率を低下させた本来の効果が失われ、形成された分極反転領域が横方向に拡大し、前記分極反転領域の幅が増大してしまう。したがって、前記絶縁性保護膜を、溝部7-1~7-5を埋設するように形成することにより、上記のような問題を除去することができ、狭小化された均一形状の分極反転領域、さらには周期状分極反転構造を安定的に形成することができる。

【0028】前記絶縁性保護膜の厚さは、10nm~10μmであることが好ましく、さらには100nm~1μmであることが好ましい。これによって、前記絶縁性保護膜自体に十分な機械的強度を付与することができる。とともに、第1の電極2を外部より十分に絶縁させることができ、保護膜本来の機能を十分に達成することができる。

【0029】上述したような絶縁性保護膜は、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、メタクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエステル樹脂、ポリエーテル樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、フッ素樹脂などの樹脂材から作製することができる。この場合は、前述した樹脂材を加熱融解あるいは溶剤に溶解させ、得られた溶液をスピンコート法、印刷法、ディップコート法、スプレー法などによって、第1の電極2が形成された強誘電体単結晶基板1の主面1A上に、第1の電極2を覆うようにして塗布する。そして、前記溶媒などを除去する、あるいは加熱又は紫外線などを照射することによって所定の反応を生ぜしめ、目的とする絶縁性保護膜を得る。

【0030】また、 SiO_2 や Ta_2O_5 、及び Al_2

O₂などの無機材料から作製することもできる。この場合は、反応性スパッタリング法、イオンプレーティング法、イオンビームスパッタリング法、イオンアシスト蒸着法などの公知の製膜方法を用いて形成することができる。酸化珪素保護膜などを作製する場合においては、随時酸素ガスなどを補給しながら行なう。

【0031】本発明の周期状分極反転構造の形成方法においては、図1に示すような楕形状の第1の電極2及び平板状の第2の電極3を形成した後、図3に示すように、第1の電極2の、電極片2-1~2-6間に溝部7-1~7-5を形成する。その後、図1において説明したように、第1の電極2及び第2の電極3間に所定の電圧を印加することにより、狭小化されるとともに、均一な形状の分極反転領域8Aさらには周期状分極反転構造を形成することができる。

【0032】また、図3に示すように、隣接する電極片2-1~2-6間に溝部7-1~7-5を形成して強誘電体単結晶基板1の強誘電性を低減し、印加電圧の漏洩を抑制することにより、電極片2-1~2-6にはより大きな電圧を負荷することができる。したがって、分極反転領域8Aが十分に深くにまで形成することができ、十分大きな深さの周期状分極反転構造を形成することができる。実際には、2.5μm以上の深さの周期状分極反転構造を得ることができる。

【0033】なお、図3に示す楕形状の第1の電極は、公知の電極材料から構成することができる。

【0034】図1に示すような強誘電体単結晶基板1内に周期状分極反転構造4を作製した後は、楕形状の第1の電極2並びに平板状の第2の電極3A及び3Bは、それぞれ取り除かれる。

【0035】図4は、周期状分極反転構造が形成された強誘電体単結晶基板に、光導波路を形成した状態を示す図である。なお、簡略化のため、図4においては、強誘電体単結晶基板の、周期状分極反転構造が形成された部分のみを示している。

【0036】図1及び図3に示すようにして周期状分極反転構造が形成された強誘電体単結晶基板を得た後、これを実際のSHGデバイスなどとして用いるためには、図4に示すように、プロトン交換法などによって周期状分極反転構造4内に光導波路5を形成して、所定の光導波路素子10を作製する。その後、光導波路素子10を実装し、光ファイバなどを接続することによって、目的とするSHGデバイスなどを得る。

【0037】図5~図7は、周期状分極反転構造が形成された強誘電体単結晶基板を用いて、リッジ構造型の光導波路素子を形成するための工程を説明するための図である。

【0038】最初に、図5に示すように、周期状分極反転構造4の形成された強誘電体単結晶基板1を、主面1Aが下側になるようにして、支持基板11と接着層12

を介して貼り合わせる。次いで、強誘電体単結晶基板1に裏面1Bから研削加工及び研磨加工を施すことにより、図6に示すように、周期状分極反転構造4が露出するまで薄板化する。その後、ダイシング加工あるいは所定のマスクを介してレーザ加工処理を行ない、強誘電体単結晶基板1の両側部分を所定の厚さを残して除去し、図7に示すようなリッジ型の光導波路15を有する、リッジ構造型の光導波路素子20を得る。

【0039】その後、光導波路素子20を実装し、光ファイバなどを接続することによって、目的とするSHGデバイスなどを得る。

【0040】

【実施例】以下、実施例に基づいて本発明を具体的に説明する。

（実施例）最初に、厚さ0.5mmのMgOドープLN単結晶の5度オフYカット基板を強誘電体単結晶基板1として用い、この基板の主面1A上に、Taからなる幅d0.4μm、ピッチPが2.8μmの電極片を有する楕形状の第1の電極2と、同じくTaからなる平板状の第2の電極3Aとが互いに対向するようにして形成した。その後、基板1の裏面1B上において第1の電極2と対向するようにして第2の電極3Bを形成した。

【0041】次いで、第1の電極2の電極片間に、深さdが20nmの溝部を形成した後、第1の電極2及び第2の電極3間に4kVなる電圧を負荷し、周期状分極反転構造4を形成した。

【0042】なお、第1の電極2及び主面1A上に形成した第2の電極3A間に電圧を印加せずに、電極2及び電極3B間に上記電圧を印加することによってほぼ同程度の周期状分極反転構造4が得られた。したがって、この場合においては、1対の電極2及び3B間のみに電圧を印加すればよいと、システム構成を簡略化することができる。

【0043】強誘電体単結晶基板1を切断し、周期状分極反転構造4を構成する分極反転領域の幅を計測したところ、1.8μmであることが判明した。

【0044】（比較例）実施例と同様に、厚さ0.5mmのMgOドープLN単結晶の5度オフYカット基板を強誘電体単結晶基板1として用い、この基板1の主面1A上に実施例と同形状及び同じ大きさの第1の電極2及び第2の電極3A、裏面1B上に第2の電極3Bを形成した。その後、第1の電極2の電極片間に溝部を形成することなく、第1の電極2及び第2の電極3間に4kVなる電圧を印加し、周期状分極反転構造を形成した。

【0045】強誘電体単結晶基板1を切断し、周期状分極反転構造4を構成する分極反転領域の幅を計測したところ、2.2μmであることが判明した。

【0046】以上、実施例及び比較例から明らかなように、実施例において得た周期状分極反転構造は、狭小化

された分極反転領域から形成されていることが分かる。

【0047】以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明したが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない範囲において、あらゆる変更や変形が可能である。

【0048】例えば、上記においては、強誘電体単結晶基板1の強誘電性を低減させるための具体的な方法として溝部を形成する場合について説明したが、所定のイオンなどを拡散させることによって低減することができる。また、強誘電体単結晶基板1を、例えば、上記においては、強誘電体単結晶基板1を、例えばMgOドープのLN単結晶の5度オフカット板から構成する場合について示しているが、本発明は、例えばLN単結晶の任意のオフカット基板、並びにXカット基板、Yカット基板、Zカット基板から構成する場合についても用いることができる。

【0049】また、図1においては、主面1A及び裏面1B上において、楕形状の第1の電極12と対向するように第2の電極3A及び3Bを形成しているが、LN単結晶のXカット基板又はYカット基板を用いる場合は、裏面1B上に第2の電極3Bを形成することなく、主面1A上において第2の電極3Aのみを形成することによって、目的とする周期状分極反転構造を作製することができる。

【0050】さらに、LN単結晶のZカット基板又は上述したオフカット基板を用いる場合は、主面1A上に第2の電極3Aを形成することなく、裏面1B上に第2の電極3Bのみを形成することによって、目的とする周期*

* 状分極反転構造を作製することができる。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、分極反転領域の形状を乱すことなく、狭小化され、さらには均一形状の分極反転領域を有する周期状分極反転構造を簡易かつ安定的に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】周期状分極反転構造の形成方法を説明するための図である。

10 【図2】図1に示す分極反転時に用いる楕形状の第1の電極周辺部を切り取り、拡大して示す図である。

【図3】本発明の形成方法において、分極反転時に用いる楕形状の第1の電極周辺部を切り取り、拡大して示す図である。

【図4】周期状分極反転構造が形成された強誘電体単結晶基板に、光導波路を形成した状態を示す図である。

【図5】周期状分極反転構造が形成された強誘電体基板を用いて、リッジ構造型の光導波路素子を形成する方法を説明するための一工程図である。

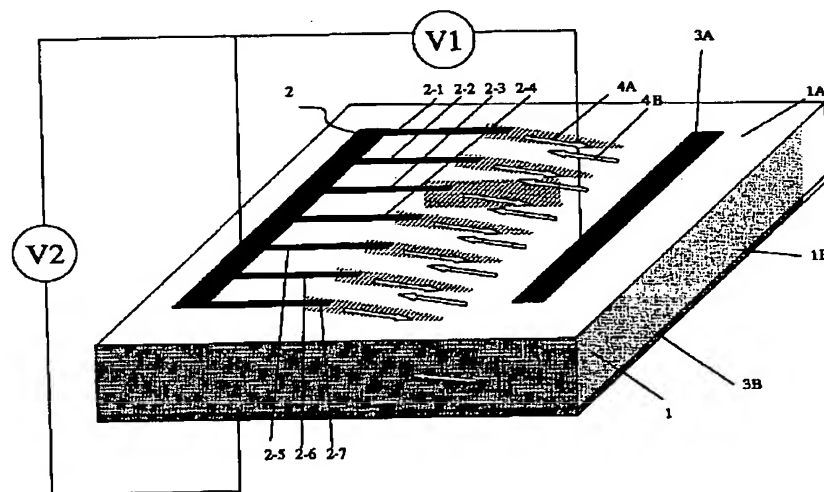
20 【図6】図5に示す工程の次の工程を示す図である。

【図7】図6に示す工程の次の工程を示す図である。

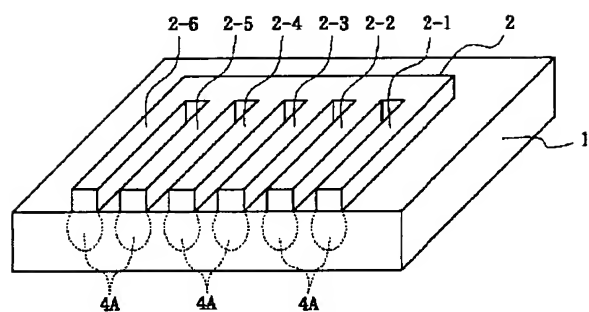
【符号の説明】

1 強誘電体単結晶基板、2 第1の電極、2-1~2-6 電極片、3A、3B 第2の電極、4 周期状分極反転構造、5、15 光導波路、7-1~7-5 溝部、10、20 光導波路素子、11 支持基板、12 接着層

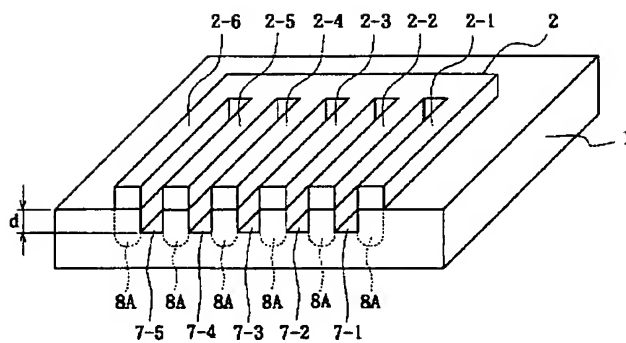
【図1】



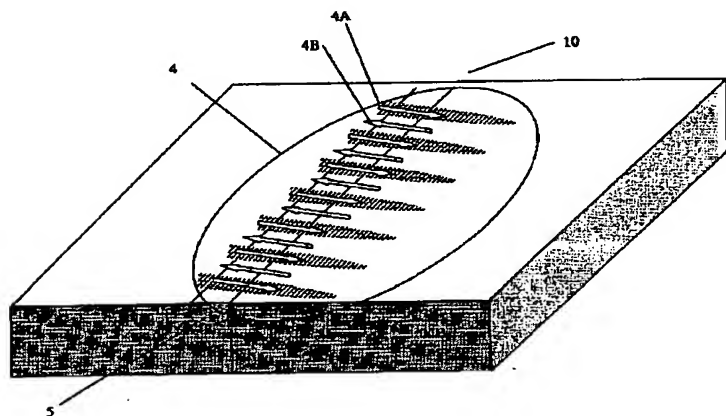
【図2】



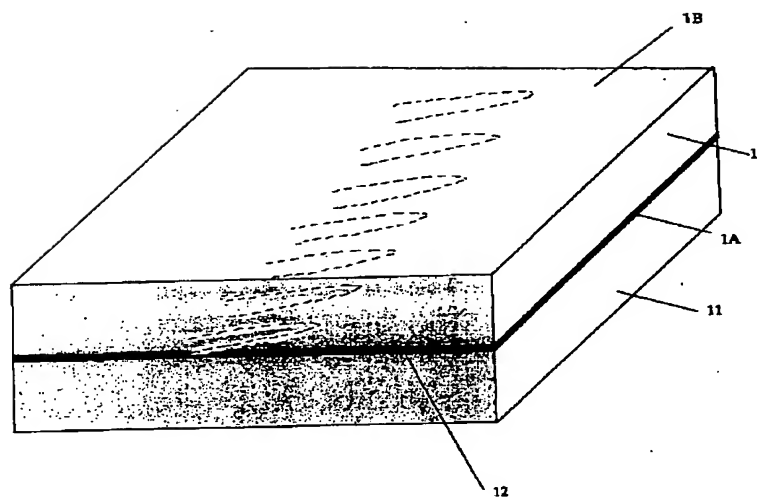
【図3】



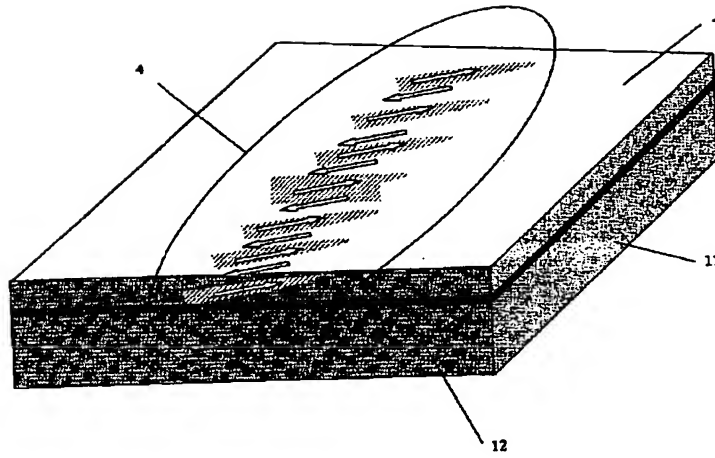
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

